TITRES

ET

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DU

Dr ANDRÉ STROHL



PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

1920

à Monsieur le Professeur Gilbert

Hommage respectueux :

A. Strohl.

TITRES

ET

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DU

Dr ANDRÉ STROHL

TITRES

ET

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DU

Dr ANDRÉ STROHL

PARIS
MASSON ET Cie, ÉDITEURS
LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

1920

TITRES UNIVERSITAIRES

Licencié ès sciences (1909)
avec les certificats d'études supérieures suivants :
P. C. N. supérieur (1906). — Histologie (1909). — Botanique (1909).

Licencié ès sciences physiques (1911)
avec les certificats d'études supérieures suivants :
Mathématiques générales (1909). — Chimie générale (1910). —
Physique générale (1911).

Docteur en médecine (1913).

Préparateur de physique biologique a la Faculté de médecine de Paris (1914).

Chargé de cours de physique biologique à la Faculté de médecine de Strasbourg (1919).

Lauréat de la Faculté de médecine de Paris
(Prix de thèse. Médaille d'argent, 1914).

Agrégé de Physique médicale (classé deuxième) 1920,

Membre correspondant national de la Société de neurologie de Paris (1919).

Membre de la Réunion biologique de Strasbourg (1919).

Membre de la Société française d'Électrothérapie et de Radiologie (1921)

Officier d'Académie, 1920.

TITRES MÉDICO-MILITAIRES

MÉDECIN AIDE-MAJOR DE 2e CLASSE (10 septembre 1914).
Hôpital Saint-Maurice (Seine) (septembre 1914).
Hôpital militaire de Rennes (novembre 1914).
Hôpital complémentaire nº 80 (Quintin) (novembre 1914).
Hôpital complémentaire nº 20 (Lannion). *Radiographe* (décembre 1914).
Centre neurologique de la 10e région (Rennes). *Électrologiste* (février 1915).
Ambulance divisionnaire 2/154 (avril 1915).
Ambulance de corps d'armée 8/7. *Radiographe* (septembre 1915).
Centre neurologique de la VIe armée. *Électrologiste* (mars 1916).

MÉDECIN AIDE-MAJOR DE 1re CLASSE (10 septembre 1916).
Centre hospitalier d'Épernay. *Chef du service central de radiographie* (mars 1917).
Hôpital auxiliaire d'Héricy (Seine-et-Marne). *Médecin-chef* (juin 1917).
Centre de physiothérapie de La Chapelle Saint-Mesmin. *Électro-radiologiste* (août 1917).

Groupement des services chirurgicaux et scientifiques de la Ve armée, à Bouleuse. *Électro-radiologiste* (janvier 1918).
Hôpital complémentaire d'armée nº 34 (Troyes). *Radiographe* (juin 1918).
École d'aviation de Champfleury-la-Perthe. *Médecin-chef* (novembre 1918).

Service central de radiologie du Gouvernement militaire de Paris (février 1919).
Faculté de médecine de Strasbourg (en mission) (mars 1919).

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

LISTE CHRONOLOGIQUE

1. **Mesure du temps perdu dans le phénomène de Mendel et le phénomène des raccourcisseurs** (en collaboration avec M. Thiers). *Comptes rendus de la Société de neurologie*, 9 janvier 1913.
2. **Contribution à l'étude physiologique des réflexes chez l'homme. Les réflexes d'automatisme médullaire. Le phénomène des raccourcisseurs.** *Thèse de Paris*, 1913.
3. **Les réflexes d'automatisme médullaire chez l'homme.** *La Presse médicale*, nº 20 du 11 mars 1914.
4. **Deux procédés simples pour la localisation rapide des projectiles par la radiologie.** Réunion médico-chirurgicale de la VIe armée, 20 novembre 1915. *Presse médicale*, 14 février 1916, p. 70.
5. **Deux procédés simples pour la localisation rapide des projectiles par les rayons** X. *Bulletin de l'Académie de médecine*, 1er février 1916.
6. **Dissociation clinique des modifications du réflexe achilléen et du réflexe médio-plantaire** (en collaboration avec MM. Georges Guillain et J.-A. Barré). *Société médicale des hôpitaux de Paris*, 26 mai 1916.
7. **Procédé simple pour localiser rapidement les projectiles par la radioscopie.** *Journal de radiologie et d'électrologie*, mai-juin 1916.
8. **Le réflexe médio-plantaire. Étude de ses caractères graphiques et de son temps perdu** (en collaboration avec MM. Georges Guillain et J.-A. Barré). *Société médicale des hôpitaux de Paris*, 13 octobre 1916.
9. **Étude graphique de quelques réflexes tendineux.** *Société médicale des hôpitaux de Paris*, 13 octobre 1916.
10. **Sur un syndrome de radiculo-névrite avec hyperalbuminose du liquide céphalo-rachidien sans réactions cellulaires. Remarques sur les caractères cliniques et graphiques des réflexes tendineux** (en collaboration avec MM. Georges Guillain

et J.-A. Barré). *Société médicale des hôpitaux de Paris*, 13 octobre 1916.

11. **Sur un nouvel appareil oscillographique destiné à l'étude de la pression artérielle.** *Société de biologie*, 20 janvier 1917.
12. **Étude des caractères graphiques du réflexe tibio-fémoral postérieur et de son temps perdu** (en collaboration avec MM. Georges Guillain et J.-A. Barré). *Société médicale des hôpitaux de Paris*, 16 février 1917.
13. **Étude des caractères graphiques du réflexe péronéo-fémoral postérieur et de son temps perdu** (en collaboration avec MM. Georges Guillain et J.-A. Barré). *Société médicale des hôpitaux de Paris*, 16 février 1917.
14. **Étude par la méthode graphique des réflexes tendineux dans le tabes** (en collaboration avec MM. Georges Guillain et J.-A. Barré). *Société médicale des hôpitaux de Paris*, 16 février 1917.
15. **Étude graphique des réflexes tendineux abolis à l'examen clinique dans un cas de paralysie diphtérique** (en collaboration avec MM. Georges Guillain et J.-A. Barré). *Société médicale des hôpitaux de Paris*, 16 février 1917.
16. **Étude graphique des réflexes tendineux abolis à l'examen clinique dans un cas de commotion par éclatement d'obus sans plaie extérieure** (en collaboration avec MM. Georges Guillain et J.-A. Barré). *Société médicale des hôpitaux de Paris*, 16 février 1917.
17. **Étude graphique de la contraction neuro-musculaire.** *Société médicale des hôpitaux de Paris*, 16 février 1917.
18. **Étude comparée des méthodes générales de sphygmomanométrie. Détermination des pressions maxima et minima au moyen de l'inscription graphique** (en collaboration avec M. J.-A. Barré). *La Presse médicale*, nº 14, 15 mars 1917.
19. **Sur une technique d'examen des réflexes par la méthode graphique, la myographie clinique.** *Annales de médecine*, t. IV, mai-juin 1917.
20. **Sur l'inscription graphique des réflexes tendineux.** *Société de biologie*, 11 mai 1918.
21. **L'oscillographie artérielle comme procédé d'exploration de l'appareil cardio-vasculaire.** *La Presse médicale*, 5 décembre 1918.
22. **La résistance électrique du corps humain et les nouvelles méthodes d'électro-diagnostic.** *Journal de radiologie et d'électrologie*, t. III, nº 5, mai 1919.
23. **Étude comparative des divers procédés d'exploration de la**

SUPPLÉMENT (1920 à 1922)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

(Suite)

30. **La résorption et l'équilibre des gaz dans le pneumothorax fermé et le prétendu vide pleural** (en collaboration avec M. Rist). *Annales de medecine*, n° 4, octobre 1920, pp. 233-270, 9 fig.

31. **Présentation d'un nouvel appareil de mesure de l'excitabilité électrique neuro-musculaire.** *C. R. de la Soc. de biol.*, t. LXXXIV, p. 563, 1921.

32. **La diffusion des gaz à travers les séreuses et le maintien du vide pleural** (en collaboration avec M. Rist). *C. R. de la Soc. de biol.*, t. LXXXI, p. 679, 1921.

33. **Variations de la résistance électrique du corps humain pour les courants de faible durée.** *C. R. de la Soc. de biol.*, t. LXXXIV, p. 949, 1921.

34. **Sur la résistance électrique apparente du corps humain pour les courants de faible durée.** *C. R. de la Soc. de biol.*, t. LXXXIV, p. 125, 1921.

35. **La mesure de l'excitabilité électrique neuro-musculaire chez l'Homme.** L'égersimètre (2 fig.). *La Presse médicale*, 11 juin 1921.

36. **L'exploration de l'excitabilité électrique neuro-musculaire par des courants de faible durée.** *Archives de physique biologique*, t. I, n° 2, 15 juin 1921.

37. **La mesure de l'excitabilité électrique au moyen de l'égersimètre.** *Bull. de la Soc. française d'électrothérapie*, juin 1921.

38. **Sur la loi d'excitation électrique.** *C. R. de la Soc. de biol.*, t. LXXXV, p. 477, 1921.

39. **L'égersimètre. Description et étude d'un appareil destiné à l'exploration de l'excitabilité électrique des nerfs et des muscles chez l'Homme.** *Journal de radiologie et d'électrologie*, t. V, n° 7, pp. 289-296 (4 fig.), juillet 1921.

40. **Mesure de la force contrélectromotrice de polarisation chez l'Homme.** *C. R. de la Soc. de biol.*, t. LXXXV, p. 948, 1921.

41. **Méthode d'excitation électrique par des courants présentant une variation brusque d'intensité.** *C. R. de la Soc. de biol.*, t. LXXXVI, p. 170, 1922.

42. **Étude comparée de l'excitabilité électrique par des courants d'intensité constante ou à brusque variation.** *C. R. de la Soc. de biol.*, t. LXXXVI, p. 173, 1922.

43. **Sur le rôle de la diffusion dans la résorption gazeuse et le maintien de la pression sous-atmosphérique dans la plèvre** (1 fig.) (en collaboration avec M. Rist). *La Presse médicale*, 25 janvier 1922.

44. **Un procédé pour obtenir des courants électriques brefs d'intensité constante à travers le corps humain** (en collaboration avec M. Dognon). *C. R. de la Soc. de biol.*, t. LXXXVI, p. 381, 1922.

45. **Influence de la polarisation sur la mesure de l'excitabilité électrique chez l'Homme** (en collaboration avec M. Dognon). *C. R. de la Soc. de biol.*, t. LXXXVI, p. 606, 1922.

46. **Étude sur la conductibilité électrique du corps humain pour des courants de courte durée.** *Archives de physique biologique*, 10 mars 1922.

47. **Recherches sur la mesure de l'excitabilité électrique neuro-musculaire chez l'Homme.** *Archives d'Electricité médicale* (sous presse).

RECHERCHES SUR LA FONCTION RESPIRATOIRE

(Suite)

La résorption et l'équilibre des gaz dans le pneumothorax fermé et le prétendu vide pleural (en collaboration avec M. Rist). *Annales de médecine*, n° 4 octobre 1920, pp. 233-270, 9 fig.

La diffusion des gaz à travers les séreuses et le maintien du vide pleural (en collaboration avec M. Rist.) C. R. de la *Soc. de biol.* t. LXXXIV, p. 679, 1921.

Sur le rôle de la diffusion dans la résorption gazeuse et le maintien de la pression sous-atmosphérique dans la plèvre (fig. 9) (en collaboration avec M. Rist). *La Presse médicale*, 25 janvier 1922.

Les causes physiques qui maintiennent les deux surfaces pleurales au contact sont assez mal connues. Tandis que la majorité des physiologistes invoquent l'intervention de l'adhésion moléculaire (Brauer, Roth, V. Muralt, Eppinger), d'autres, avec Wyss, montrent que cette hypothèse est inutile, mais raisonnent comme si les membranes pleurales étaient imperméables au gaz.

Nous pensons avoir contribué à la compréhension de cette importante question de physiologie par l'étude théorique et expérimentale de la manière dont s'effectue la résorption d'un pneumothorax artificiel.

Au moyen d'un petit nombre d'hypothèses simples et déduites des lois physiques de la diffusion des gaz, nous avons montré qu'il était possible d'expliquer des phénomènes biologiques assez disparates en apparence, tels que le maintien en contact des séreuses pleurales et la résorption des différents gaz introduits, dans l'organisme.

Nous avons pu également rendre compte de ce fait expérimental suivant lequel, il s'établit au bout d'un certain temps, une composition invariable et toujours la même du mélange gazeux, quels que soient les gaz primitivement introduits (O^2, CO^2 et Az).

La théorie de la diffusion, appliquée aux échanges gazeux de l'organisme, s'est révélée encore féconde en ce qu'elle permet de concevoir comme naturels et nécessaires des faits qui ont paru à plusieurs auteurs comme paradoxaux et contraires aux principes physiques. Elle explique, en outre, certains incidents qu'on observe parfois dans la pratique du pneumothorax artificiel.

De l'ensemble de ces considérations, il résulte qu'en l'état actuel de nos connaissances, il n'y a nul besoin de faire intervenir des forces de nature inconnue pour rendre compte du prétendu vide pleural et de la résorption de n'importe quel gaz ou mélange gazeux introduit dans les cavités séreuses. L'application des lois de la physique générale suffit à donner de ces phénomènes une explication entièrement satisfaisante.

ÉLECTRO-PHYSIOLOGIE

(*Suite*)

Présentation d'un nouvel appareil de mesure de l'excitabilité électrique neuro-musculaire. C. R. de la *Soc. de biol.* t. LXXXIV, p. 655, 1921.

La mesure de l'excitabilité électrique neuro-musculaire chez l'homme. L'égersimètre (2fig.) *La Presse médicale*, 11 juin 1921.

L'exploration de l'excitabilité électrique neuro-musculaire par des courants de faible durée. *Archives de Physique biologique*, t. I. n° 2, 15 juin 1921.

L'égersimètre. Description et étude d'un appareil destiné à l'exploration de l'excitabilité électrique des nerfs et des muscles chez l'homme. *Journal de radiologie et d'électrologie*, t. V, n° 7, pp. 289-296 (4 figures), juillet 1921.

La nouvelle méthode d'électro-diagnostic, basée sur l'application de la loi d'excitation électrique de Weiss, nécessite l'émission, à travers le corps humain, de courants d'une durée connue et variable à volonté entre 1/10 000 et 1/100 de seconde.

Les appareils construits dans ce but présentent, en général, l'inconvénient ou d'être trop encombrants et délicats pour un usage clinique, ou d'avoir une précision insuffisante pour ce genre d'étude. Aussi, avons nous cru utile de faire appel aux ressources de la mécanique de précision pour réaliser un dispositif qui, avec toute l'exactitude souhaitable, restât un appareil de dimensions réduites, relativement simple et robuste, d'un maniement facile, propre, en un mot, à être utilisé aussi bien à l'hôpital qu'au laboratoire. Cet appareil, auquel nous avons donné le nom d'*égersimètre*, est très simple dans son principe. Il se compose essentiellement d'une masse mobile sans frottement autour d'une colonne verticale le long de laquelle elle tombe d'une hauteur de 18 centimètres. Dans sa chute, cette masse rencontre deux leviers qu'elle fait basculer, ce qui a pour effet de rompre deux contacts électriques. La première de ces ruptures coupe une dérivation placée sur les électrodes et provoque ainsi le passage du courant dans l'organe exploré, la deuxième interrompt le circuit.

Le levier inférieur est fixe, le supérieur est solidaire d'une vis micrométrique, analogue à celles qui servent à la mise au point des microscopes et qui permet d'en faire varier la hauteur d'une quantité connue.

A l'aide de cet appareil, on obtient très facilement et avec une précision supérieure à celle donnée par les autres dispositifs la mesure de la caractéristique d'excitabilité.

La mesure de l'excitabilite électrique au moyen de l'égersimètre. *Bull. de la Soc. française d'électrothérapie*, juin 1921.

Sur la loi d'excitation électrique. C. R. de la *Soc. de biol.* t. LXXXV, p. 477, 1921.

Nous avons, au moyen de l'égersimètre, étudié les variations des quantités d'électricité qui donnent le seuil en fonction de la durée d'excitation, chez l'Homme. On obtient ainsi une courbe que l'on peut décomposer en trois parties :

1° Pour des durées d'action supérieures à quelques millièmes de seconde, la loi d'excitation est représentée par une droite dont le prolongement passerait par l'origine.

2° Pour des durées plus courtes, on obtient une autre partie rectiligne qui coupe l'axe des ordonnées à une certaine hauteur. Cette droite correspond à la loi de Weiss.

L'ascisse du point où ces deux droites se raccordent est un peu plus grande chez l'Homme que chez la Grenouille. Mais il faut tenir de ce fait que cette durée varie avec la forme de la décharge employée et que les courants que nous utilisions n'étaient pas absolument continus.

3° Pour des temps de passage très courts, de quelques dix-millièmes de seconde, on voit nettement la courbe s'infléchir vers l'axe des temps. Toutefois cette inflexion semble débuter pour des temps plus courts chez l'Homme que chez la Grenouille.

Variations de la résistance électrique du corps humain pour les courants de faible durée. C. R. de la *Soc. de biol.* t. LXXXIV, p. 949, 1921.

Sur la résistance électrique apparente du corps humain pour les courants de faible durée. C. R. la *Soc. de biol.* t. LXXXIV, p. 125, 1921.

Étude sur la conductibilité électrique du corps humain pour des courants de courte durée. *Archives de Physique biologique.* 1er mars 1922.

L'étude, au moyen d'un galvanomètre balistique, du passage d'un courant traversant le corps humain sous un voltage constant, nous a permis de mettre en évidence des modifications importantes de l'intensité de ce courant dès les premiers instants qui suivent la fermeture du circuit. Ces modifications ne sont pas dues à des actions siégeant au niveau des électrodes.

Elles sont imputables au corps humain seul. Si on les rapporte à un changement dans la résistance électrique du corps humain, on

est amené à considérer séparément deux phases dans le passage du courant.

Pendant la première, qui est, en général, inférieure à quelques millièmes de seconde, la résistance apparente croît jusqu'à une valeur maxima pour diminuer ensuite, d'abord rapidement, puis de plus en plus lentement.

La valeur maxima atteint un chiffre trois à cinq fois plus grand que celui qui exprime la grandeur de la résistance pour une durée de quelques secondes.

Lorsque le voltage augmente, la résistance décroît toujours quel que soit l'instant considéré; de plus, l'amplitude de ses variations diminue également. La position du maximum change aussi avec le voltage et est d'autant plus rapprochée de l'origine que ce dernier est plus élevé.

La différence des résistances, pour deux voltages donnés croît, au moins entre certaines limites, avec la durée d'action du courant. Il en est de même du rapport de la plus grande résistance à la plus petite.

Mesure de la force contre électromotrice de polarisation chez l'homme. C. R. de la *Soc. de biol.* t. LXXXV, p. 948, 1921.

Il était naturel de mettre les modifications de la conductibilité électrique chez l'homme, précédemment observées, sur le compte d'une force contre-électromotrice de polarisation. Mais les valeurs auxquelles on est ainsi conduit (entre 10 et 20 volts), paraissent hors de proportion avec celles mesurées antérieurement par des auteurs qui ont tenté cette détermination quelques secondes après l'ouverture du courant polarisant (Weiss, Chanoz). Nous avons alors utilisé un dispositif qui nous a permis à la fois de faire varier la durée du courant polarisant et de réduire l'intervalle écoulé entre la cessation du courant et la mesure de la force contre-électromotrice à une durée extrêmement courte, inférieure à 1/10 000 de seconde.

Dans ces conditions, nous avons observé l'apparition d'une force contre-électromotrice qui passe rapidement, c'est-à-dire au bout d'un temps de l'ordre du 1/1000 de seconde, par une valeur maxima pour décroître ensuite progressivement. Cette valeur maxima atteint et dépasse même une dizaine de volts. Les variations de la résistance apparente du corps humain dans les tout premiers instants qui suivent la fermeture du circuit, sont donc produites en réalité par des phénomènes de polarisation interpolaire, beaucoup plus importants qu'on ne se l'imaginait, et dont nous sommes en train de poursuivre l'étude.

Un procédé pour obtenir des courants électriques brefs d'intensité constante à travers le corps humain (en collaboration avec M. Dognon) C. R de la *Soc. de biol.* t. LXXXVI, p. 381, 1922.

Influence de la polarisation sur la mesure de l'excitabilité électrique chez l'homme (en collaboration avec M. Dognon). C. R. de la *Soc. de biol.* t. LXXXVI, p. 606, 1922.

Recherches sur la mesure de l'excitabilité électrique neuromusculaire chez l'Homme. *Archives d'Electricité médicale* (sous presse).

Dans ces recherches nous nous sommes proposés d'évaluer l'erreur introduite dans la mesure de la caractéristique d'excitabilité du fait de ces phénomènes de polarisation du corps humain dont nous avons montré toute l'importance.

Nous avons, tout d'abord, imaginé un procédé permettant d'éliminer cette cause perturbatrice, en utilisant, dans ce but, la propriété d'un circuit contenant une forte self de s'opposer à toute variation brusque d'intensité d'un courant qui le traverse.

Si, alors, on introduit brusquement, dans ce circuit, le corps humain par rupture d'une dérivation, le courant conserve sensiblement son intensité initiale, pendant le temps que met le processus d'excitation à se produire.

On réalise de cette manière l'excitation électrique dans des conditions rigoureusement définies.

Nous avons pu ainsi comparer, sur un même muscle, les mesures obtenues avec la technique ordinaire et par ce procédé de la self, et observer que la méthode généralement utilisée donne, pour la chronaxie, un chiffre trop faible.

Il était logique de supposer qu'en élevant le voltage on diminuerait l'influence de la force contre-électromotrice de polarisation : c'est ce que l'expérience nous a permis de vérifier.

Ce qui importe donc au point de vue de l'exactitude dans les mesures d' excitabilité électrique, c'est avant tout le voltage dont on dispose qui doit être maintenu le plus élevé possible. Il en résulte que les appareils, comme l'égersimètre qui, réalisent l'excitation électrique à voltage constant sont d'une précision supérieure aux techniques, comme les condensateurs, qui utilisent des ondes au cours desquelles le voltage décroît progressivement au niveau des électrodes.

Méthode d'excitation électrique par des courants présentant une variation brusque d'intensité. C. R. de la *Soc. de biol.* t. LXXXVI, p. 170, 1922.

Étude comparée de l'excitabilité électrique par des courants d'intensité constante ou à brusque variation. C. R. de la *Soc. de biol.* t. LXXXVI, p. 173, 1922.

Dans la première note, nous avons décrit un dispositif expérimental qui nous a permis de provoquer l'excitation électrique à l'aide de courants d'une forme non encore utilisée en électro-physiologie et susceptible d'apporter quelques précisions sur le mode de fonctionnement de l'appareil neuro-musculaire.

Il s'agit de courants de courte durée à échelons, c'est-à-dire présentant une augmentation ou une diminution brusques d'intensité.

Nons avons pu ainsi comparer l'action excito-motrice des courants continus et à échelons, mettant en jeu la même quantité d'électricité dans un temps donné, et observer que tant que le rapport des intensités des deux ondes qui constituent les échelons du courant reste inférieur à $\frac{10}{8}$, l'effet excitateur de cette sorte de courant est quelquefois égal, le plus souvent légèrement supérieur à celui du courant continu de quantité équivalente.

Lorsque le rapport dépasse 10/8, le courant à échelons est toujours plus efficace que le courant constant de même durée et de même quantité.

En raccourcissant la deuxième onde d'une certaine quantité on retrouve le seuil, et cette quantité peut constituer une évaluation de l'augmentation d'efficacité. On constate ainsi que pour des durées comprises entre 8 et 20 dix-millièmes de seconde l'excitation produite par un courant est d'autant plus forte que la variation d'intensité est elle-même plus grande. Sous une autre forme et en généralisant, on peut dire que parmi les courants qui mettent en jeu une quantité donnée d'électricité dans un temps donné, ce sont ceux dont l'intensité reste constante qui sont les moins efficaces. On voit, alors, réapparaître un facteur qui rappelle l'ancienne loi de Du Bois-Reymond, suivant laquelle l'excitation dépendrait uniquement des variations de densité du courant excitateur. Il y faut cependant apporter une restriction des plus importantes en faisant observer que ce n'est qu'à quantité d'électricité et durée égales, que l'on peut parler d'un accroissement d'efficacité par variation d'intensité du courant, accroissement d'autant plus manifeste que la variation est plus accentuée.

87960. — Imprimerie Lahure, 9, rue de Fleurus Paris.

capacité respiratoire. *Journal de Physiologie et de Pathologie générales*, t. XVIII, nº 2, juin 1919.

24. **Au sujet du mémoire de MM. Guilbert et Cimbert sur la signification réelle et la précision des mensurations de profondeur que fournissent les procédés radioscopiques et radiographiques**. *Journal de radiologie et d'électrologie*, t. III, nº 11, p. 516, 1919.
25. **Présentation d'un myographe clinique à inscription directe.** Réunion biologique de Strasbourg, 19 décembre 1919, in *Comptes rendus de la Société de biologie*, 1919, p. 1423.
26. **L'élasticité des parois de la cavité pleurale et la mesure de sa capacité** (en collaboration avec M. Rist). *Annales de médecine*, t. VI, nº 5, décembre 1919, p. 393-415.
27. **Loi d'excitation électrique par les courants de self.** (**Première note.**) *Comptes rendus de la Société de biologie*, 31 janvier 1920, p. 88.
28. **Loi d'excitation électrique par les courants de self.** (**Deuxième note**). *Comptes rendus de la Société de biologie*, 14 février 1920, p. 134.
29. **Mesure des coefficients de la loi d'excitation électrique du système neuro-musculaire au moyen des courants de self.** *Journal de radiologie et d'électrologie*, t. IV, 1920 (*Sous presse.*)

INTRODUCTION

Nos travaux ont porté sur diverses parties de la Physiologie et de la Physique biologique.

Pour la commodité de l'exposition, nous les avons groupés en six chapitres dont chacun réunit un ensemble de recherches sur un sujet donné :

I. Étude physiologique des réflexes ;
II. Recherches sur la fonction circulatoire ;
III. Recherches sur la fonction respiratoire ;
IV. Radiologie ;
V. Électrophysiologie ;
VI. Appareils.

I

ÉTUDE PHYSIOLOGIQUE DES RÉFLEXES

Nous avons poursuivi pendant plusieurs années une série de recherches concernant la physiologie des réflexes et leurs modifications au cours de divers états pathologiques. C'est à la méthode graphique, convenablement utilisée, que nous devons les résultats auxquels nous sommes parvenus.

Nous avons dû pour cela perfectionner les méthodes d'inscription déjà existantes, et même constituer une technique spéciale qui a abouti à la construction d'un appareil permettant l'enregistrement facile et fidèle des réactions motrices chez l'homme.

Ces recherches ont débuté dans le service de M. le professeur Pierre Marie et nous leur avons consacré notre thèse inaugurale :

Contribution a l'étude physiologique des réflexes chez l'homme. Les réflexes d'automatisme médullaire. Le phénomène des raccourcisseurs.

Elles ont fait également l'objet d'une communication à la *Société de neurologie* :

Mesure du temps perdu dans le phénomène de Mendel et le phénomène des raccourcisseurs (en collaboration avec M. Thiers). *Comptes rendus de la Société de neurologie*, 9 janvier 1913,

et d'un article paru dans la *Presse médicale* :

Les réflexes d'automatisme médullaire chez l'homme. *La Presse médicale*, n° 20, du 11 mars 1914.

RÉFLEXES CUTANÉS

On a cherché à se servir de la durée qui s'écoule entre une excitation périphérique et le mouvement réflexe qui lui fait suite, comme moyen de connaître le chemin que parcourt l'onde nerveuse, et on a voulu de cette manière trancher certaines incertitudes sur le carac-

tère de tel ou tel mouvement. Nous avons montré que le problème est beaucoup plus complexe qu'il n'a semblé à la plupart des auteurs.

La détermination du moment où débute l'excitation des réflexes cutanés est elle-même assez difficile si l'on utilise le grattement de la peau qui semble l'excitant physiologique le plus adéquat.

Voici comment nous avons opéré : on intercepte, dans un circuit de pile comprenant un signal de Deprez, une lame de cuivre ou d'aluminium, mince et malléable, et une aiguille métallique à pointe mousse, de telle sorte que lorsque l'aiguille et la lame sont au contact, le circuit soit fermé. On applique la lame métallique sur la partie à exciter et on promène l'aiguille de manière que le début du trajet se fasse au contact de la lame. Au moment où l'aiguille, en quittant la surface métallique, rompt le circuit, le grattement s'effectue avec une intensité et une vitesse normales.

Nous avons mesuré ainsi le temps perdu de quelques réflexes cutanés normaux et pathologiques.

Voici, pour le phénomène des orteils, les chiffres moyens obtenus dans trois cas :

	Temps en secondes.	Nombre d'expériences.
	—	—
Sujet I	0,28	8
Sujet II	0,323	7
Sujet III : pied droit	0,207	6
— pied gauche	0,204	7

Les nombres trouvés successivement au cours d'une même séance suivent généralement une progression croissante accusant une fatigue dans la réponse ; mais d'autres causes, telles que l'intensité de l'excitation, doivent aussi intervenir.

Pour le réflexe crémastérien, nous avons trouvé en moyenne le chiffre de 0sec,16.

Si l'on compare les périodes latentes des réflexes cutanés et tendineux, on remarque :

1° Des écarts beaucoup plus grands pour les chiffres concernant la période latente des réflexes cutanés, au point qu'on ne peut guère en fixer que l'ordre de grandeur qui est de 150 à 250 millièmes de seconde ;

2° Une durée moyenne cinq à huit fois plus grande pour les réflexes cutanés que pour les réflexes tendineux.

Une cause d'imprécision pour le temps perdu des réflexes cutanés doit tenir à ce fait que la perception du sens du tact est localisée en des points de la peau isolés les uns des autres. Il peut en résulter un certain retard variable avec la région considérée dans le début

de l'excitation par rapport au moment où commence le grattement de la peau.

En outre la différence entre les temps perdus des réflexes cutanés et tendineux peut tenir aussi à la manière dont l'excitation est portée et au phénomène de la sommation latente des excitations qui doit moins intervenir pour les réflexes tendineux.

D'ailleurs, nos recherches ultérieures tendent à prouver que l'opposition qu'il est classique d'établir entre les temps perdus de ces deux grandes catégories de réflexes n'est qu'apparente.

Il est donc prématuré de conclure des différences observées dans les périodes latentes, à une inégalité quelconque dans la longueur des voies réflexogènes. Il se manifeste, du fait même des associations d'éléments nerveux qui forment l'arc réflexe, des propriétés nouvelles marquant une indépendance croissante dans la manière dont la substance nerveuse utilise l'excitation et empêchant de considérer une chaîne de neurones comme un ensemble dont la conductibilité serait la somme des conductibilités des parties constituantes.

RÉFLEXES D'AUTOMATISME MÉDULLAIRE

Les sujets porteurs d'une altération destructive des cordons de la moelle présentent fréquemment des mouvements réflexes que l'on évoque par excitation, soit de la sensibilité superficielle cutanée, soit de la sensibilité profonde ostéo-articulaire.

Ces réflexes ont fait l'objet d'une étude approfondie de MM. Pierre Marie et Foix qui ont montré qu'on devait les considérer comme étant la manifestation de l'activité de la moelle libérée de l'influence des parties supérieures du névraxe. Ils méritent donc bien le nom de *réflexes d'automatisme médullaire* que leur ont donné ces auteurs.

Ces mouvements mettent en jeu un nombre considérable de muscles, dont certains se relâchent par inhibition, donnant au mouvement une complexité et une coordination qu'on ne retrouve pas dans les autres réflexes cutanés.

L'interprétation selon laquelle ils seraient des réactions défensives de l'organisme contre un agent vulnérant se trouve le plus souvent en défaut et doit être rejetée.

Par contre, ils offrent de grandes ressemblances avec ceux que présentent les chiens et les chats auxquels on a sectionné la moelle et le mésencéphale et qui ont été reconnus par Philipson et Sherrington pour être la manifestation d'un automatisme de marche que développe la moelle libérée de ses connexions encéphaliques.

Nous avons entrepris, en collaboration avec MM. Pierre Marie et Foix, l'étude des caractères graphiques et des périodes latentes de ces réflexes, et les résultats auxquels nous sommes parvenus ont contribué à établir l'identité des mouvements dits *de réflexe* avec ceux observés chez l'animal à moelle sectionnée.

On constate ainsi que chez des malades présentant une interruption physiologique des voies médullaires une excitation électrique cutanée provoque un mouvement de sens inverse dans chacun des membres inférieurs. Le membre excité présente un mouvement de retrait et l'autre un mouvement d'extension (réflexe d'allongement croisé).

Ce dernier est, en général, d'amplitude moindre que celui de retrait. La vitesse du mouvement de flexion est aussi plus grande que celle du mouvement d'allongement. Les deux mouvements sont à peu près synchrones et débutent après un temps variable avec les conditions de l'expérience qui est d'environ $0^{sec},15$.

Par contre, il y a, en général, une intensité minimale différente pour chacun des deux mouvements, à partir de laquelle le temps perdu diminue quand on augmente la grandeur de l'excitation.

Si l'on veut donner une valeur moyenne du temps de latence de ces différents mouvements, on peut dire qu'elle se trouve comprise entre $0^{sec},15$ et $0^{sec},40$.

Nous pensons avoir levé toutes les incertitudes qui pouvaient encore subsister sur la nature biologique de ces mouvements d'automatisme médullaire en réussissant à obtenir un mouvement rythmique de flexion et d'extension alternées dont nous reproduisons la figure ci-contre et dont l'analyse est, pensons-nous, concluante.

Un tel mouvement s'obtient facilement par un large pincement maintenu à la face interne de la cuisse. L'enregistrement a été obtenu en excitant cette surface cutanée par un courant faradique d'assez grande fréquence (40 par seconde), le style enregistreur étant relié à la malléole interne (fig. 1).

Si l'on se rappelle que dans l'acte du pas une des jambes reste constamment étendue, tandis que l'autre exécute un double mouvement de flexion et d'extension qui se termine au second double appui, si l'on remarque en outre que, du fait de la symétrie du pas et à cause de la faible durée de la période du double appui, le temps pendant lequel une jambe est en extension est égal à celui pendant lequel elle exécute le mouvement de progression, on retrouve facilement tous ces caractères sur le graphique de ce mouvement rythmique. Si nous comparons cette courbe à celle qu'on obtient (fig. 2) en repérant, sur une série d'images chronophotographiques reprodui-

sant la marche, les différentes longueurs du membre, on ne peut s'empêcher d'être frappé par l'étroite ressemblance des deux mouvements et de conclure en faveur de leur identité.

Nous avons observé et enregistré sur un malade présentant des réflexes d'automatisme médullaire un phénomène assez curieux

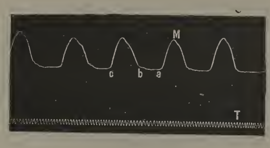


Fig. 1.

Réflexe rythmique du membre inférieur. (Lire de gauche à droite.)

M, mouvement de la malléole externe ; T, diapason marquant le 1/10 de seconde ; *c*, *b*, double mouvement de flexion et d'extension correspondant à la phase de progression dans la marche ; *b*, *a*, extension continue correspondant à la période d'appui.

qui témoigne chez l'homme d'une hyperexcitabilité post-inhibitoire analogue à celle décrite par Sherrington et qui permet d'expliquer la rythmicité de certains réflexes. En pinçant, en effet, la cuisse d'un tel malade, on obtient un double mouvement de flexion et d'extension de la jambe. Si l'on maintient le pincement constant en intensité, le mouvement s'arrête et ne réapparaît qu'au moment

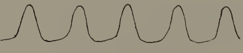


Fig. 2.

Tracé obtenu en repérant les différentes longueurs de la jambe sur une série d'images reproduisant le pas normal.

où l'on cesse brusquement l'excitation : alors se produit une nouvelle flexion suivie d'extension.

Il y a donc là deux mouvements doubles de forme identique, mais dont les causes sont profondément dissemblables ; le premier est produit par une excitation des protagonistes, le second par une excitation post-inhibitoire de ces mêmes muscles devenus les antagonistes dans le mouvement inverse.

Le réflexe d'extension des orteils (signe de Babinski), qui fait

partie intégrante du réflexe des raccourcisseurs, doit être considéré comme étant la réaction minimale de l'automatisme de marche. Si l'on enregistrc, en effet, simultanément, comme nous l'avons fait, le mouvement de la jambe et celui du gros orteil, on obticnt, par une excitation croissante, d'abord l'extension de l'orteil, puis le retrait de la jambe.

En résumé, l'étude des réflexes d'automatisme médullaire nous a permis de rattacher des faits isolés et incompréhensibles à la physiologie expérimentale en montrant que les centres médullaires peuvent, par altération des neurones d'association encéphalo-médullaires, développer un automatisme lié directement au mouvement de la marche.

RÉFLEXES TENDINEUX

Ayant été, au cours de la campagne, affecté au centre neurologique de la VI[e] armée qui avait comme médecin-chef M. le professeur agrégé Guillain, puis au Groupement des services chirurgicaux et scientifiques de la V[e] Armée, nous avons pu continuer lcs travaux de neurologie que la guerre nous avait forcé d'interrompre, et mettre à profit le vaste champ d'observation créé par les circonstances. Ce sont les réflexes tendineux qui ont fait alors, spécialement, l'objet de nos investigations :

1° **Étude graphique de quelques réflexes tendineux**. *Société médicale des hôpitaux de Paris*, 13 octobre 1916.

2° **Sur une technique d'examen des réflexes par la méthode graphique, la myographie clinique.** *Annales de médecine*, t. IV, mai-juin 1917.

L'accord est loin d'exister sur la naturc cxacte des réactions motrices qui suivent la percussion dcs tcndons de certains muscles. Tandis que la majorité des cliniciens les considèrent comme un phénomène réflexe, au même titre que les réflexes cutanés dont ils ne différeraient que par le mode d'excitation et les trajets nerveux, plusieurs physiologistes, dont Westphal et Gowers, continuent à pcnscr qu'il s'agit de contractions purement musculaircs sans participation de l'arc réflcxc.

La question nous a semblé mériter d'êtrc reprise et nous avons étudié, par la méthode graphique, un certain nombre de réflexes tendineux. Pour cela nous avons enregistré le gonflement du musclc sur lequel portait la réaction. Dans nos premières rechcrchcs, nous avons utilisé l'inscription indirecte par transmission à air.

Pour éliminer l'action des antagonistes, qui au cours des réflexe est inverse de celle du muscle dont on percute le tendon, nous étendions le membre sur un cadre en bois, où il ne reposait que par ses extrémités, et nous fixions le lien du myographe aux parties latérales de ce cadre. Le tambour explorateur n'était ainsi soumis qu'au gonflement ou à la dépression du point sur lequel il était posé.

Si nous prenons comme type de notre description la courbe du

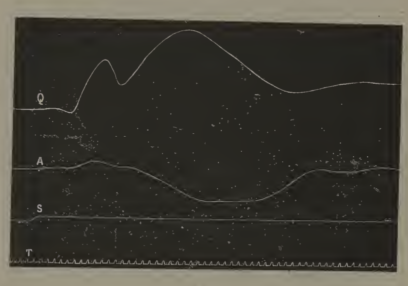


Fig. 3.

Q, courbe myographique du quadriceps pendant le réflexe rotulien.
A, courbe myographique des antagonistes enregistrée simultanément
S, signal de Deprez indiquant le moment de la percussion.
T, diapason marquant le 1/100 de seconde.

On remarque que le relâchement des antagonistes coïncide avec la deuxième contraction du quadriceps.

N. B. — Il convient de retrancher, du temps perdu indiqué par les graphiques, 10 millièmes de seconde, dues au retard occasionné par la transmission à air.

réflexe rotulien qui se trouve reproduite sur la figure 3, nous remarquons qu'elle présente trois élévations successives :

Une première, assez brève, qui commence de 0sec,012 à 0sec,016 après le début de l'excitation et est suivie d'une descente brusque;

Une deuxième élévation, normalement plus haute que la précédente, qui apparaît 0sec,050 après la percussion;

Enfin un troisième soulèvement, se produisant avant le relâchement total du membre, et formant un plateau qui s'abaisse lentement.

Cette troisième partie commence environ $0^{sec},130$ après le choc du marteau.

Nous nous sommes alors demandé quelle interprétation physiologique on pouvait donner à chacune de ces parties.

Le premier soulèvement est évidemment une secousse *mécanique* due à la brusque mise en tension des fibres musculaires par dépression du tendon.

La deuxième nous a paru devoir être considérée comme de nature *musculaire*, c'est-à-dire indépendante de toute action réflexe. En effet, sa forme, la brièveté de sa période latente qui semble écarter la possibilité d'un arc réflexe, la rapprochent d'une secousse élémentaire.

Au contraire, la dernière élévation semble bien être une réaction véritablement *réflexe*. Sa lenteur, le plateau qu'elle présente généralement avant sa descente progressive, lui confèrent la physionomie spéciale propre aux autres contractions réflexes. Enfin son temps perdu, relativement considérable, plaide aussi en faveur de sa nature réflexe.

De plus, si nous enregistrons simultanément le gonflement du muscle dont on percute le tendon et celui des antagonistes, nous constatons que le relâchement de ces derniers, témoins du début de la réponse réflexe, ne commence à se produire qu'au moment où apparaît cette troisième secousse.

Nous avons successivement étudié les réflexes : rotulien, achilléen, médio-plantaire (de Guillain et Barré), rétro-malléolaire (de Barré), antibrachial, tricipital, et montré qu'ils présentent chacun, du fait de leur mode spécial d'excitation ou des conditions anatomiques dans lesquelles ils se réalisent, une physionomie particulière, mais qu'on y retrouve toujours les trois parties précédemment décrites.

Le réflexe tendineux est donc une réaction complexe de l'appareil neuro-musculaire, constitué par une secousse *musculaire* à laquelle succède une véritable contraction *réflexe*.

Étude graphique de la contraction neuro-musculaire. *Société médicale des hôpitaux de Paris*, 16 février 1917.

Nous avons appliqué la même technique à l'étude de la contraction neuro-musculaire produite par percussion directe des masses musculaires, et retrouvé les mêmes parties constitutives que dans le cas des réflexes. Cependant la force plus grande avec laquelle doit être portée la percussion, et le fait que les différentes parties du muscle n'entrent pas en contraction simultanément, sont causes

que ces courbes sont souvent plus complexes que celles des réflexes tendineux. En somme, le muscle réagit pareillement à toute excitation mécanique, qu'elle soit portée directement sur lui ou sur son tendon. Au point de vue séméiologique, il n'est pas indifférent de s'adresser à l'un ou à l'autre de ces modes d'excitation. Il arrive que le seuil ne soit pas atteint par la percussion du tendon et le soit par celle du muscle, ainsi qu'on l'observe dans certains cas pathologiques.

Dissociation clinique des modifications du réflexe achilléen et du réflexe médio-plantaire (en collaboration avec MM. Georges Guillain et J.-A. Barré). *Société médicale des hôpitaux de Paris,* 26 mai 1916.

Dans deux cas de névrite sciatique et dans un cas de zona, nous avons observé, par l'inscription graphique directe du mouvement du pied, que le réflexe achilléen peut être diminué, mais non aboli, tandis que le médio-plantaire était, au contraire, nul.

Le réflexe médio-plantaire. Étude de ses caractères graphiques et de son temps perdu (en collaboration avec MM. Georges Guillain et J.-A. Barré). *Société médicale des hôpitaux de Paris,* 13 octobre 1916.

Le réflexe médio-plantaire présente des caractères morphologiques qui le différencient nettement du réflexe achilléen.

La secousse mécanique est peu accentuée et il en est de même de la secousse musculaire qui est plus ou moins fusionnée avec la secousse réflexe. Cette dernière, par contre, est souvent plus développée que dans le réflexe achilléen. Les périodes latentes sont aussi différentes pour les deux réflexes et toujours plus longues pour le médio-plantaire (fig. 4).

Étude des caracteres graphiques du réflexe tibio-fémoral postérieur et de son temps perdu (en collaboration avec MM. Georges Guillain et J.-A. Barré). *Société médicale des hôpitaux de Paris,* 16 février 1917.

Quand ce réflexe est produit par excitation des tendons du demi-tendineux et du demi-membraneux, la courbe présente une étroite ressemblance avec celle des autres réflexes tendineux. Quand il est produit par choc au niveau du plateau tibial, le tracé est en tous points comparable à celui du réflexe médio-plantaire.

L'excitation osseuse ou périostée semble avoir des propriétés particulières. C'est un excitant médiocre pour le muscle, mais elle provoque des réactions réflexes très amples.

Étude des caractères graphiques du réflexe péronéo-fémoral postérieur et de son temps perdu (en collaboration avec MM. Georges GUILLAIN et J.-A. BARRÉ). *Société médicale des hôpitaux de Paris,* 16 février 1917.

Ici encore on retrouve les mêmes dissemblances suivant que le réflexe est provoqué par la percussion du tendon du biceps ou par celle de la tête du péroné.

Sur un syndrome de radiculo-névrite avec hyperalbuminose du liquide céphalo-rachidien, sans réactions cellulaires. Remarques sur les caractères cliniques et graphiques des réflexes tendineux (en collaboration avec MM. Georges GUILLAIN et J.-A. BARRÉ). *Société médicale des hôpitaux de Paris,* 13 octobre 1916.

L'examen graphique des réflexes pratiqué chez ces malades nous a révélé que, tandis que les réflexes tendineux paraissaient cliniquement abolis, ils subsistaient en réalité partiellement. La secousse réflexe était à peu près complètement supprimée, mais la contraction musculaire existait, bien que diminuée d'amplitude et ralentie. Nous avons pu vérifier qu'il y avait un certain parallélisme entre le degré d'altération des courbes des réflexes et la durée de leur abolition, ce qui démontre l'importance séméiologique de cette méthode d'exploration des réflexes.

Étude par la méthode graphique des réflexes tendineux dans le tabes (en collaboration avec MM. Georges GUILLAIN et J.-A. BARRÉ). *Société médicale des hôpitaux de Paris,* 16 février 1917.

Nous avons étudié, par la méthode graphique, les réflexes tendineux dans quatre cas de tabes où les examens cliniques concluaient à une abolition complète de toute réflectivité tendineuse. Les tracés montrent une diminution considérable allant jusqu'à la disparition des phases musculaires et réflexes pour les réactions motrices consécutives à la percussion des tendons et même des muscles. Le tabes est la seule affection nerveuse où nous ayons observé une telle altération de la réaction musculaire à l'excitation

mécanique. Cette constatation tend à montrer que la diffusion des lésions tabétiques ne laisse pas indemnes les nerfs intramusculaires, les plaques motrices ou les fibres musculaires elles-mêmes. Le temps perdu des différentes contractions a, en général, été trouvé augmenté pour tous les réflexes. Celui de la contraction musculaire a

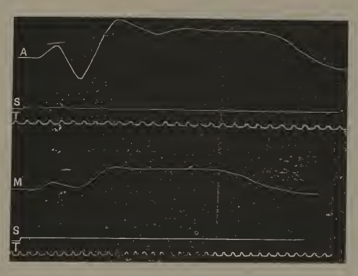


Fig. 4.

A, courbe myographique des jumeaux pendant le réflexe achilléen.
M, courbe myographique des jumeaux pendant le réflexe médio-plantaire.
S, signal de Deprez indiquant le moment de la percussion.
T, diapason marquant le 1/100 de seconde.

atteint 0sec,09, celui des secousses réflexes a dépassé 0sec,15 et parfois 0sec,2.

Étude graphique des réflexes tendineux abolis à l'examen clinique dans un cas de paralysie diphtérique (en collaboration avec MM. Georges Guillain et J.-A. Barré). *Société médicale des hôpitaux de Paris,* 16 février 1917.

Les courbes myographiques des réflexes tendineux montrent une grande diminution des réactions motrices qui porte surtout sur la partie réflexe qui est à peu près nulle. Au contraire, les courbes des contractions neuro-musculaires sont presque normales. En somme, il y a simplement hypoexcitabilité de l'appareil neuro-musculaire, ce qui semble être en rapport avec l'absence de lésions destructives irréparables.

Étude graphique des réflexes tendineux abolis à l'examen clinique dans un cas de commotion par éclatement d'obus sans plaie extérieure (en collaboration avec MM. Georges Guillain et J.-A. Barré). *Société médicale des hôpitaux de Paris*, 16 février 1917.

Ici encore, les réactions tendineuses réflexes, qui paraissent abolies au point de vue clinique, ne sont, en réalité, que très diminuées. Nous avons eu ainsi la preuve qu'il n'y avait chez ce commotionné qu'une hypoexcitabilité du système neuro-musculaire sans lésions organiques graves.

Trois semaines après la commotion, les réflexes tendineux redevinrent perceptibles à l'examen ordinaire, confirmant ainsi les prévisions tirées de l'examen graphique.

Sur l'inscription graphique des réflexes tendineux. *Comptes rendus de la Société de biologie*, 11 mai 1918.

Notre technique d'inscription graphique des réflexes, qui consistait primitivement à inscrire le gonflement musculaire au moyen de la transmission à air, avait été critiquée par M. Castex pour qui les deux élévations successives n'étaient que la conséquence des oscillations propres du système enregistreur. L'inscription directe ne lui aurait montré qu'une seule contraction. A défaut des graphiques qui, à notre connaissance, n'ont jamais été reproduits, la description que M. Castex a donnée de sa méthode montrait que cet expérimentateur s'était mis dans des conditions peu favorables pour obtenir des tracés reproduisant dans tout son détail la forme de la contraction musculaire.

Nous avons néanmoins tenu à utiliser une méthode d'inscription directe des réflexes tendineux. Au moyen d'un système de leviers mobiles, entièrement composé de pièces rigides et d'un poids total de 2 grammes, nous avons enregistré les courbes musculaires des réflexes rotulien et achilléen.

Les courbes que nous avons obtenues et reproduites montrent une étroite ressemblance avec celles que nous avait fournies la méthode de transmission à air.

L'existence des deux soulèvements caractéristiques qui constituent les réflexes tendineux est donc établie rigoureusement.

II

RECHERCHES SUR LA FONCTION CIRCULATOIRE

Étude comparée des méthodes générales de sphygmomanométrie. Détermination des pressions maxima et minima, au moyen de l'inscription graphique (en collaboration avec M. J.-A. Barré). *La Presse médicale,* nº 14, 15 mars 1917.

Pénétrés de ce qu'il y a de choquant à voir les mesures de pression artérielle dépendre étroitement des appareils, au point qu'on est obligé, pour donner aux chiffres quelque signification, de les faire suivre de l'instrument utilisé, nous nous sommes proposé d'obtenir des déterminations de tension sanguine basées sur des signes purement objectifs, et dans ce but nous nous sommes adressés à la méthode graphique.

Les pulsations d'une artère soumise par un brassard à des compressions variables ont été inscrites, dans des conditions de sensibilité constante, au moyen d'un appareil qui est une modification légère de celui que nous avions précédemment décrit. Nous avons ainsi reconnu que si les hauteurs des courbes croissent bien à mesure que la pression baisse pour diminuer ensuite, cette considération est insuffisante, le plus souvent, pour la détermination précise de la pression maxima. Mais si l'on compare de tels tracés à ceux qu'on obtient en enregistrant le gonflement de l'avant-bras au moment où le sang commence à passer sous le brassard, on remarque qu'on a, dans le début de l'ascension du dicrotisme sur la branche descendante de la partie systolique du pouls, un témoin fidèle du moment où la pression du brassard est égale à la maxima.

Quant à la pression minima, elle se reconnaît par la disparition du « raccord » qui unit deux pulsations consécutives et son remplacement par un angle aigu (fig. 5).

L'enregistrement graphique apporte donc, par la considération de la *forme* des courbes, et non plus seulement de leur amplitude, des éléments de plus grande précision pour fixer les deux valeurs de la pression sanguine.

L'oscillographie artérielle comme procédé d'exploration de l'appareil cardio-vasculaire. *La Presse médicale,* 5 décembre 1918.

Dans la sphygmographie ordinaire, on ignorc la valeur de la compression à laquelle cst soumise l'artère qu'on explore, ce qui rend l'interprétation des tracés extrêmement difficile, sinon impossible.

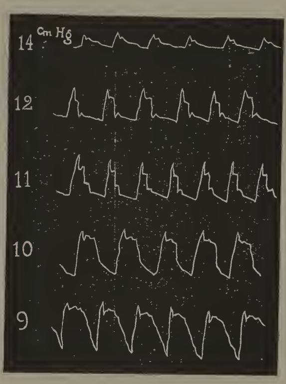


Fig. 5.

Différents aspects de la pulsation artérielle suivant a compression exercée par le brassard. On y remarque le début de l'ascension du dicrotisme pour Mx = 11 cm Hg et la disparition du raccord des pulsations pour la compression de 9 cm Hg légèrement supérieure à Mn. Sujet normal. Tracé pris au bras gauche.

Au contraire, notre appareil oscillographique permet de pratiquer l'étude du pouls dans des conditions parfaitement définies. Les courbes qu'il donne ne dépendent, pour une artère et une pression déterminées, que de l'état circulatoire du sujet et c'est ce qui en fait toute l'importance.

Suivant que la compression exercée par le brassard est supérieure à la maxima, comprise entre les valeurs extrêmes de la pression

artérielle ou inférieure à la minima, on obtient des tracés de type essentiellement différent dont chacun renseigne sur un aspect spécial de la circulation sanguine.

En particulier, les courbes supra-maximales traduisent surtout la manière dont s'effectue la contraction ventriculaire. Indirecte-

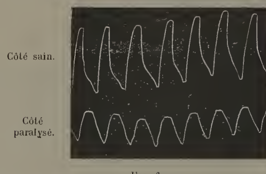


Fig. 6.

La comparaison des deux tracés pris symétriquement aux régions sus malléolaires d'un sujet présentant une section du sciatique poplité externe montre nettement les modifications de l'expansibilité artérielle consécutives à la lésion nerveuse.

ment elles procurent d'utiles éléments d'appréciation sur le régime d'écoulement du sang et le travail du cœur.

Les courbes infra-minimales, d'autre part, étroitement liées au mode d'expansion de l'artère, nous permettent d'évaluer l'état de tonicité et le degré d'élasticité des tuniques vasculaires (fig. 6).

III

RECHERCHES SUR LA FONCTION RESPIRATOIRE

Étude comparative des divers procédés d'exploration de la capacité respiratoire. *Journal de physiologie et de pathologie générales,* t. XVIII, nº 2, juin 1919.

Les principales méthodes d'exploration de la capacité respiratoire donnent des indications d'ordre très différent sur les dimensions de la cage thoracique, la quantité maximum d'air qu'elle peut contenir, le jeu des côtes, mais ne nous renseignent qu'imparfaitement sur le volume déplacé dans la respiration normale, qui est la donnée physiologique réellement intéressante.

Dans le but de rechercher s'il existe un rapport constant entre ce volume et les différentes mesures thoracométriques, nous avons réalisé un dispositif grâce auquel nous avons pu employer simultanément les principales méthodes graphiques d'étude de la respiration. Il se compose, essentiellement, d'un spiromètre enregistreur, étalonné, dans lequel le sujet peut respirer, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une capacité de 80 litres, ce qui permet de poursuivre l'expérience pendant plusieurs minutes sans que le changement de composition de l'air, dû à la respiration, influe sur l'acte respiratoire. En même temps que l'on prend le tracé spirométrique, on peut inscrire le tracé pneumographique du thorax ou de l'abdomen, ou les déplacements plus ou moins amplifiés d'un point quelconque de la cage thoracique ou abdominale. De cette manière, on apprécie facilement la part qui revient à chacune des parties de l'appareil respiratoire dans l'acte de la ventilation pulmonaire.

Nous avons ainsi pu constater que, ni la capacité vitale, ni les autres données thoracométriques, ne sont reliées d'une façon constante aux variations du volume pulmonaire dans la respiration normale, dont la grandeur, ainsi que le rythme, semblent être une donnée physiologique, en quelque sorte indépendante des mesures précédentes.

Même dans les plus grands efforts, pendant la lutte contre l'accumulation croissante d'acide carbonique dans une atmosphère con-

finée, chaque sujet réagit par un mécanisme respiratoire qui lui est propre, et n'utilise jamais qu'une fraction de sa capacité vitale.

L'inscription simultanée des volumes spirométriques des mouvements des côtes et de l'abdomen nous a permis de conclure que, dans les inspirations forcées, la respiration costale est prépondérante, et que, dans les expirations profondes, ce sont les déplacements du diaphragme dont le rôle devient, relativement, important. Si l'on admet — et cela est la conséquence de nos connaissances physiologiques — que ce qu'il est utile de connaître, c'est le volume d'air



Fig. 7.

Photographie montrant comment on enregistre les mouvements d'un point quelconque des parois thoracique et abdominale en même temps que le tracé spirométrique.

déplacé par la ventilation pulmonaire normale, nous voyons que rien ne peut remplacer, pour l'exploration de la capacité respiratoire, les enregistrements spirométriques faits de telle sorte que la respiration s'effectue dans des conditions se rapprochant, le plus, de l'état habituel. L'importance de cet air respiratoire s'accroît encore si on le rapproche de celle de la capacité vitale.

Le rapport $\frac{\text{air respiratoire}}{\text{capacité vitale}}$, que nous avons appelé l'*indice respiratoire*, indique nettement le degré de perfection avec lequel un sujet utilise sa capacité vitale. Il constitue la meilleure donnée que nous possédions actuellement pour évaluer la capacité respiratoire et apprécier les modifications qu'elle peut subir au cours d'exercices respiratoires ou d'altérations pathologiques.

L'élasticité des parois de la cavité pleurale et la mesure de sa capacité (en collaboration avec M. Rist). *Annales de médecine*, t. VI, nº 5, décembre 1919, p. 393-415.

Si l'on introduit du gaz dans la plèvre, en observant, à chaque instant, la pression qui règne dans la cavité pleurale, au moyen d'un manomètre mis en dérivation sur le tube amenant le gaz, on voit cette pression s'élever au fur et à mesure que le gaz pénètre, et que le poumon, primitivement distendu, revient sur lui-même.

Nous avons étudié, chez un grand nombre de sujets soumis au traitement du pneumothorax artificiel, la manière dont s'effectue l'introduction de l'air entre les feuillets pleuraux, et constaté qu'elle était susceptible de nous fournir d'utiles renseignements sur l'état de la séreuse. Dans ce but, nous avons construit les courbes obtenues, en portant en abscisses les quantités de gaz introduites, et en ordonnées les pressions intrapleurales correspondantes. Les variations de l'inclinaison de tels graphiques nous indiquent le degré de facilité avec lequel le gaz se fraye un chemin entre les deux plèvres. Le redressement brusque de la courbe indique le moment où l'accroissement de volume par décollement est terminé ; et, suivant l'inclinaison de cette partie du diagramme, on pourra estimer le degré de rigidité de la cavité.

De même, la chute brusque de la courbe des pressions indique un accroissement soudain de la capacité pleurale, produit par une rupture d'adhérences.

Enfin, la manière même dont se comporte la cavité pleurale, lors d'injections progressives de gaz, montre que l'on commet une erreur grave en l'assimilant à une cavité à parois rigides. Le procédé proposé par M. Bard pour évaluer le volume d'un pneumothorax repose implicitement sur cette assimilation. Appliqué aux nombreux cas que nous avons observés, il a donné des résultats complètement inexacts, et doit être considéré comme inutilisable.

IV

RADIOLOGIE

LOCALISATION DES PROJECTILES

Ayant occupé, dès les premiers mois de la guerre, les fonctions de radiographe, d'abord à l'intérieur, puis aux armées, j'ai été amené à me préoccuper de la question du repérage radiologique des projectiles. J'ai décrit deux méthodes nouvelles de localisation des projectiles : l'une, radiologique ; l'autre, radioscopique. Elles ont fait l'objet des publications suivantes :

Deux procédés simples pour la localisation rapide des projectiles par la radiologie. *Réunion médico-chirurgicale de la VIe armée,* 20 novembre 1915.

Deux procédés simples pour la localisation rapide des projectiles par les rayons X. *Bulletin de l'Académie de médecine,* 1er février 1916.

Procédé simple pour localiser rapidement les projectiles par la radioscopie. *Journal de radiologie et d'électrologie,* mai-juin 1916.

Au moment où ces procédés furent imaginés, les installations radiologiques — surtout à l'avant — n'étaient pas encore dotées des nombreux compas ou autres appareils de repérage qui, dans la suite, furent si généreusement distribués. Il s'agissait donc de pouvoir obtenir une localisation précise des projectiles, en évitant les calculs, et avec des appareils d'une construction facile, quelles que fussent les ressources dont disposait l'opérateur.

A ce point de vue, les deux techniques suivantes donnent toute satisfaction.

Hâtons-nous d'ajouter que notre procédé radioscopique de repérage n'a cessé d'être d'un usage très répandu, jusqu'à la fin de la guerre, malgré le luxe d'appareils nouveaux mis à la disposition des laboratoires de radiologie.

Procédé radiographique. — On place à côté du corps à radiographier le petit appareil suivant : simple plan incliné formé de trois

morceaux de bois, collés ensemble, sur lequel repose une réglette métallique, qui présente des encoches régulièrement espacées et dont l'inclinaison est telle que ces encoches se trouvent à 1, 2, 3 centimètres de hauteur. On effectue, ensuite, deux radiographies successives sur la même plaque, en déplaçant, après la première, l'ampoule parallèlement à la plaque d'une longueur quelconque. On obtient ainsi une double image de la règle et du corps à localiser. De plus, les droites virtuelles, réunissant les deux ombres de chaque point de la règle, sont parallèles entre elles, et vont en croissant avec le niveau du point considéré. Celle de ces droites dont la longueur est égale à l'écart des deux images du projectile déterminera le point qui se trouve à la même hauteur que celui-ci. L'endroit où il faut inciser pour trouver le projectile à la profondeur indiquée sera obtenu en munissant chaque extrémité de l'appareil d'une aiguille verticale, qui, fonctionnant comme équerre de Bertin-Sans, donnera, pour chaque pose, la projection normale de l'anticathode, et, par la construction connue, la trace du rayon normal passant par le projectile.

Procédé radioscopique. — A la place du diaphragme (qu'on peut utiliser aussi à cet effet), on fixe un cadre de bois ou de carton portant deux aiguilles métalliques parallèles présentant un écart tel que leurs ombres sur l'écran soient distantes l'une de l'autre d'une longueur égale à la moitié de la distance de l'écran à la source des rayons.

On amène, alors, l'ombre d'un des fils à être médiane — ou tangente — par rapport à celle du projectile, et l'on marque sur le verre de l'écran la position correspondante d'un point donné du projectile. Puis, déplaçant l'ampoule parallèlement à l'écran, on amène l'ombre de l'autre fil dans la même position par rapport à l'ombre du projectile, qui s'est déplacée. On marque sur l'écran la nouvelle situation du point considéré du projectile. L'écart des deux traits marqués sur le verre est la moitié de la distance du projectile, ainsi qu'on peut s'en rendre compte sur la figure 8.

Ce procédé réunit une série d'avantages qui le rendent particulièrement recommandable pour la radiologie de guerre. Il ne nécessite, en effet, aucune mesure des distances de l'écran à l'ampoule et du déplacement de celle-ci ; il donne, directement, la profondeur du corps étranger à extraire, sans calcul ni barème ; il permet de localiser les projectiles avec une grande rapidité, tout en restant dans l'obscurité. Il a, de ce fait, été très employé dans les formations sanitaires du front, où la vitesse dans le repérage des corps étrangers est une nécessité.

M. le professeur Pierre Duval, dans son étude comparée des

méthodes d'extraction des projectiles (Rapport à la Conférence chirurgicale interalliée, 2e session), l'a préconisé comme l'un des mieux adaptés aux exigences de la chirurgie de l'avant. L'armée américaine en avait doté la plupart de ses postes radiologiques.

Cette méthode se prête à une grande variété de moyens d'application ; aussi est-elle devenue le point de départ d'un nombre considérable de procédés qui n'en diffèrent, parfois, que par quelque point de détail (procédés de Roussel, de Gargam de Moncetz, de

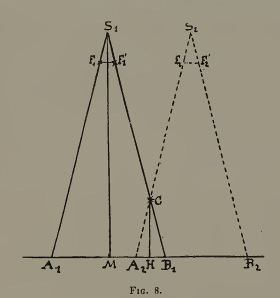


Fig. 8.

S_1, Anticathode.
$F_1F'_1$, trace des fils métalliques.
A_1B_1, trace de l'ombre des fils sur l'écran pour la première position de l'ampoule.
S_2, $F_2F'_2$, A_2B_2, les mêmes pour la deuxième position de l'ampoule.
C, un point du projectile.

Guyenot, de Baudot, de Thomas et Loupy, de Salsac, de Loubié, etc.).

M. Pouch, dans sa thèse inaugurale (La localisation radioscopique des projectiles par la méthode de Strohl, *Thèse de Montpellier*, 1918), a consacré un chapitre au degré d'approximation de notre méthode, qu'il trouve, du fait même de sa simplicité, dégagée de plusieurs causes d'erreurs inhérentes aux autres procédés.

Au sujet du mémoire de MM. Guilbert et Cimbert sur la signification réelle et la précision des mensurations de profondeur que fournissent les procédés radioscopiques et radio-

graphiques. *Journal de radiologie et d'électrologie*, t. III, n° 11, p. 516, 1919.

Dans le déplacement de l'ampoule pour repérage radiologique des projectiles, les points qui limitent l'ombre du projectile ne restent jamais les mêmes.

Les auteurs précités avaient cru pouvoir en déduire que les méthodes qui semblent les plus précises sont celles dans lesquelles les deux positions de l'ampoule sont d'un même côté du rayon normal. En réalité, ils commettaient une grave erreur de géométrie en raisonnant sur le cas particulier où le projectile de forme allongée a sa plus grande dimension perpendiculaire à l'écran. Aucune méthode ne met à l'abri de cette cause d'erreur (d'ailleurs toujours minime en regard d'autres plus importantes) qui consiste à ne pas savoir au juste quel est le point du projectile dont on mesure la distance à l'écran, et, à ce point de vue, il n'y a aucune raison de préférer certaines techniques à d'autres.

V

ÉLECTRO-PHYSIOLOGIE

La résistance électrique du corps humain et les nouvelles méthodes d'électro-diagnostic. *Journal de radiologie et d'électrologie,* t. III, nº 5, mai 1919.

Les variations que présente la résistance électrique du corps humain, sous l'influence soit de la durée de passage du courant, soit des changements de la force électro-motrice, constituent la plus grande difficulté que l'on ait à vaincre pour appliquer à l'homme les nouvelles méthodes d'électro-diagnostic, basées sur la loi d'excitation électrique.

Nous avons démontré qu'il n'est pas possible d'utiliser les décharges de condensateur pour mesurcr la valeur de la résistance électrique du corps humain pour les courants de faible durée, car on n'est pas certain qu'elle ne varie pas au cours de la décharge elle-même. Il faut donc réduire au minimum les effets de l'inconstance de la résistance de l'organisme, en ajoutant en série une autre résistance fixe.

D'autre part, si l'on veut connaître la résistance totale du circuit sans s'astreindre à mesurer celle du corps humain, il faut, dc plus, mettre une autre résistance connue en dérivation. Cette association ne doit pas être réalisée au hasard, mais d'après certains principes que nous avons indiqués, et, différemment, suivant le procédé employé pour mesurer l'excitabilité neuro-musculaire.

Loi d'excitation électrique par les courants de self. (Première note.) *Comptes rendus de la Société de biologie,* 31 janvier 1920, p. 88.

Loi d'excitation électrique par les courants de self. (Deuxième note.) *Comptes rendus de la Société de biologie,* 14 février 1920, p. 134.

Mesure des coefficients de la loi d'excitation électrique du système neuro-musculaire au moyen des courants de self. *Journal de radiologie et d'électrologie,* t. IV. (*Sous presse.*)

Lcs courants de self peuvent être employés pour la mcsure de l'excitation neuro-musculairc basée sur la détermination du rap-

port $\frac{a}{b}$ des deux coefficients de la loi de Weiss, au même titre que les décharges de condensateurs. Nous avons montré que l'on peut utiliser, soit la période d'établissement d'un courant continu dans un circuit pourvu de self, soit la période de décroissance qui suit la disparition dans le circuit des forces électro-motrices autres que celles d'induction. Le rapport $\frac{a}{b}$ se calcule dans les deux cas, facilement, à partir des résistances et du coefficient de self-induction du circuit.

Il est, en outre, possible d'effectuer le montage de manière que la résistance de l'organisme sur lequel on opère n'intervienne pas dans les formules utilisées. La méthode qui utilise la période d'établissement du courant est d'une réalisation spécialement simple, et permet d'obtenir facilement des valeurs de $\frac{a}{b}$ pouvant atteindre $0^{sec},01$. Il semble donc qu'il y aurait profit à substituer les self étalonnées aux batteries de condensateurs pour les examens électriques, car elles présentent sur celles-ci des avantages sérieux de commodité et d'économie.

VI

APPAREILS

Sur un nouvel appareil oscillographique destiné à l'étude de la pression artérielle. *Société de biologie,* 20 janvier 1917.

L'application de la méthode de Marey a été réalisée au moyen d'un dispositif ayant une sensibilité constante, dans les appareils de Pal et de Pachon. Nous avons pensé qu'il y avait un grand intérêt, pour l'exploration de la fonction circulatoire, à permettre

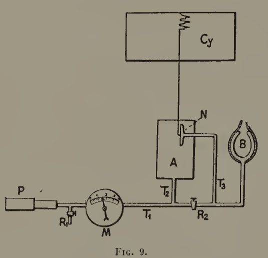


Fig. 9.
Schéma de l'appareil oscillographique.

l'enregistrement des oscillations artérielles, dans de telles conditions.

Il y avait une difficulté à vaincre du fait que le système oscillant doit être enfermé dans une enceinte close, où règne une pression égale à celle du brassard. M. Bouchard, au moyen de l'enregistrement optique, avait obtenu déjà des tracés intéressants. Nous avons atteint le même but, d'une manière plus simple, en utilisant les procédés ordinaires d'inscription graphique.

Dans notre premier appareil, le système oscillant était constitué par une petite cloche légère en celluloïd, plongeant dans une cuvette remplie d'eau. Le tout était enfermé dans une enceinte métallique étanche, et le mouvement de cette cloche se communiquait à l'extérieur au moyen d'une aiguille métallique fine et rigide traversant un joint souple et étanche.

Plus tard, nous avons remplacé la cloche par un tambour de Marey, et c'est sous cette forme que l'appareil a été utilisé pour la détermination objective des pressions sanguines et pour l'exploration de l'appareil cardio-vasculaire (fig. 9).

Présentation d'un myographe clinique à inscription directe *Réunion biologique de Strasbourg,* 19 décembre 1919, in *Comptes rendus de la Société de biologie,* 1919, p. 1423.

L'inscription graphique des réflexes tendineux, dont nous avons démontré toute l'importance tant théorique que pratique, est une opération laborieuse avec les appareils enregistreurs ordinaires. Pour la faciliter, nous avons construit un myographe qui joint à un maniement aisé une grande fidélité, l'inscription étant directe.

Il se compose essentiellement (fig. 10) d'une forte tige métallique portant à une de ses extrémités le cylindre qui tourne à raison d'un tour environ par seconde, et, à l'autre, le levier auquel sont transmises les variations d'épaisseur du muscle exploré. Un système de deux curseurs permet de régler l'amplification, et permet l'usage d'un support « à réglage » grâce auquel l'affleurement du style n'est réalisé qu'au moment de l'inscription. Un système de commande à distance, analogue à ceux employés pour les obturateurs photographiques, permet de réaliser ce mouvement, sans toucher directement à l'appareil.

Ce myographe se prête également bien à l'enregistrement des secousses électriques. Il suffit de remplacer le bouton explorateur par une petite électrode fixée à l'extrémité d'une tige isolée et en relation, par un fil, avec un des pôles de la source électrique.

Adaptation de notre appareil de localisation au diaphragme à fente de Gaiffe. *Revue des Établissements Gaiffe-Gallot et Cie,* avril 1918.

Notre méthode de localisation s'adapte parfaitement au diaphragme à fente de la maison Gaiffe, et permet ainsi à l'opérateur de rester à l'abri des rayons pendant le repérage des projectiles.

L'appareil est essentiellement constitué par une vis à deux filets

Fig. 10.

de pas contraires, supportée par deux paliers fixés sur le bord de

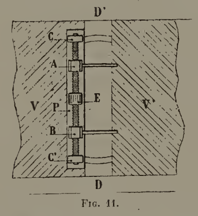


Fig. 11.

l'un des volets du diaphragme. Deux écrous portant deux aiguilles peuvent se déplacer par rotation de la tige filetée.

On règle l'écart de ces aiguilles de manière qu'il soit égal à la moitié de la distance de leur plan à l'anticathode.

Il convient de remarquer que le diaphragme à fente améliore considérablement la visibilité des aiguilles et du projectile, ce qui permet de percevoir avec facilité les projectiles dans les régions relativement opaques.

690-20. — Corbeil. Imprimerie Crété.